

Pengukuran dan Karakterisasi Interferensi Radio pada Pita *High Frequency* (HF)

Vigor Aryaditya, Prof. Ir. Gamantyo H. , M. Eng, Ph. D. , dan Dr. Ir. A. Mauludiyanto, MT.
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: vigor11@mhs.ee.its.ac.id, gamantyo@ee.its.ac.id, maulud@ee.its.ac.id

Abstrak— terjadinya interferensi antara pengguna komunikasi radio HF yang lain tidak dapat dihindari. Sehingga, pengukuran dan karakterisasi terhadap interferensi pada pita HF perlu dilakukan. Pengukuran dilakukan pada simulasi sistem komunikasi HF untuk lintasan Surabaya – Ternate pada frekuensi 7, 14, dan 21 MHz. Interferensi diterima menggunakan antena HF dipole dan kemudian didemodulasi dengan IQ Demodulator menggunakan perangkat Universal Software Radio Peripherals (USRP) dan LabVIEW kemudian diolah menggunakan software MATLAB. Dari data yang diperoleh, mean dan standard deviation tertinggi terjadi pada pukul 17.00 & 18.00 untuk frekuensi 7 MHz sebesar -41.65 dB dan -39.67. Mean dan standard deviation terendah terjadi pada pukul 03.00 & 04.00 untuk frekuensi 21 MHz sebesar 65.45 dB dan -59.59. Berdasarkan hasil cumulative distribution function terhadap variasi frekuensi, daya interferensi terbesar pada pukul 03.00 & 04.00 dan 17.30 & 18.30 terjadi di frekuensi 7 MHz dan pada pukul 10.00 & 11.00 terjadi pada frekuensi 21 MHz. Berdasarkan cumulative distribution function variasi jam, daya interferensi terbesar pada frekuensi 7 MHz dan 14 MHz terjadi pada pukul 17.30 & 18.30 dan pada frekuensi 21 MHz terjadi pada pukul 10.00 & 11.00.

Kata Kunci— *Cumulative Distribution Function, Interferensi, Komunikasi HF, Mean, Standard Deviation.*

I. PENDAHULUAN

INDONESIA adalah sebuah negara kepulauan yang terbesar di dunia. Sekitar lebih dari 17.000 pulau besar dan kecil yang memanjang dari Sabang sampai Merauke, dengan laut yang terbentang diantara pulau-pulau tersebut. Dengan kondisi Indonesia sebagai negara kepulauan tersebut, sistem komunikasi gelombang HF merupakan salah satu teknologi alternatif yang bisa digunakan untuk melakukan komunikasi antar pulau jarak jauh. HF merupakan gelombang radio yang bekerja pada frekuensi 3-30 MHz dengan panjang gelombang 10 -100 m, biasanya digunakan untuk radio komunikasi jarak jauh karena sifat gelombangnya yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Sistem komunikasi HF ini juga tergolong murah, karena komunikasi HF tidak membutuhkan repeater, untuk bisa mencapai jarak lebih dari 3.000 km, karena sifatnya tersebut.

Namun, sistem komunikasi dengan menggunakan frekuensi HF rawan terhadap interferensi karena jarak propagasi sangat jauh. Maka dari itu, pengukuran dan karakterisasi terhadap terjadinya interferensi antara pengguna komunikasi radio HF yang lain perlu dilakukan.

Pada makalah ini, kegiatan yang dilakukan adalah

pengukuran interferensi pada simulasi komunikasi radio HF dan dianalisis hasilnya berdasarkan parameter-parameter yang diperlukan terutama hasil sinyal I dan Q. Sinyal I dan Q didapatkan dari pengukuran interferensi pada berbagai frekuensi dan waktu. Selanjutnya, karakterisasi interferensi dilakukan dengan berdasarkan dari hasil simulasi dan analisis sinyal interferensi yang diterima.

Bab 2 dari makalah ini berisi pembahasan mengenai propagasi gelombang radio HF, antena, perangkat yang digunakan, serta interferensi. Bab 3 berisi tentang metode penelitian meliputi parameter sistem komunikasi, instalasi perangkat, perancangan program sub sistem penerima dan skenario pengambilan data. Pada bab 4 akan ditampilkan pelaksanaan pengukuran, hasil pengukuran, karakterisasi interferensi dan sintesis yang telah diperoleh berdasarkan data. Bab 5 berisi tentang kesimpulan, dan saran berdasarkan hasil yang telah dilakukan dalam penelitian ini.

II. TEORI PENUNJANG

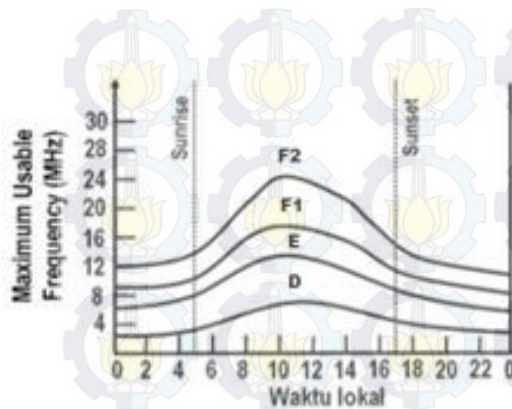
A. Propagasi Gelombang Radio HF

Sistem komunikasi HF merupakan sistem komunikasi yang memanfaatkan gelombang radio HF dan bekerja pada range frekuensi 3-30 MHz. Sistem komunikasi HF digunakan untuk komunikasi jarak jauh (*long distance*) hingga ribuan kilometer. Hal ini sesuai dengan karakteristik gelombang HF yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer pada atmosfer bumi.

Gelombang yang berpropagasi melalui lapisan ionosfer ini disebut sebagai gelombang ionosfer (*ionospheric wave*) atau juga disebut gelombang langit (*sky wave*). Lapisan ionosfer ini berada pada ketinggian 50 - 500 Km terdiri dari partikel yang terionisasi oleh radiasi matahari. Gelombang yang melewati lapisan ionosfer dipantulkan oleh partikel yang terionisasi. Gelombang yang sampai disisi penerima selalu berubah-ubah sesuai dengan kondisi partikel yang ada di lapisan ionosfer. Kondisi yang baik memungkinkan gelombang yang dikirimkan dapat dipantulkan kembali ke bumi pada jarak tertentu dengan kondisi gelombang yang tidak tembus ke luar angkasa.

B. Lapisan Lapisan Ionosfer

Lapisan ionosfer dipengaruhi oleh radiasi matahari yang menyebabkan terjadinya pemisahan elektron bebas di



Gambar. 1. Peta *Maximum Usable Frequency* [2]

atmosfer dan struktur ionosfer berubah secara terus menerus khususnya antara siang dan malam hari. Lapisan ionosfer terbagi menjadi lapisan D, E, dan F. Gelombang HF memantul pada lapisan F, pada siang hari lapisan ini terbagi menjadi dua yaitu lapisan F1 dan F2. Sedangkan, pada malam hari lapisan ini menyatu kembali. Pada siang hari radiasi dari matahari akan mencapai nilai maksimum dan malam hari akan mencapai nilai minimum yang akan mempengaruhi propagasi gelombang HF. Posisi matahari berubah-ubah terhadap titik-titik tertentu di bumi, dimana perubahan itu bisa terjadi harian, bulanan, dan tahunan, maka karakteristik yang pasti dari lapisan-lapisan tersebut sulit ditentukan atau dipastikan.

C. *Maximum Usable Frequency*

Maximum usable frequency adalah frekuensi tertinggi, dimana gelombang masih bisa dipantulkan ke bumi dengan jarak tertentu [1]. Gelombang radio HF menggunakan frekuensi tertinggi yang sesuai untuk dipantulkan kembali ke bumi. Oleh karena itu, komunikasi HF memerlukan frekuensi kerja yang optimal agar sistem pengukuran dapat berjalan optimum.

Secara umum, frekuensi pada gelombang radio HF mengalami peningkatan pada siang hari dan akan menurun pada malam hari. Peningkatan dan penurunan frekuensi terjadi akibat pengaruh radiasi matahari. Produksi elektron di lapisan ionosfer akan meningkat saat siang hari dan membuat lapisan D, E, F1 dan F2 terlihat. Sedangkan pada malam hari, elektron pada ionosfer menurun dan memunculkan lapisan F. Komunikasi pada malam hari hanya terjadi pada lapisan F dengan *maximum usable frequency* yang akan terus menurun hingga mencapai minimum sebelum fajar tiba, seperti pada gambar 1.

D. Model dan Karakteristik Interferensi HF

Interferensi adalah sinyal pengganggu yang tidak diinginkan. Interferensi disebabkan oleh pemancar lain yang bekerja pada frekuensi yang sama. Interferensi pada komunikasi HF dapat terjadi karena adanya pelanggaran regulasi dan kondisi propagasi yang memaksa penggunaan frekuensi yang sama oleh lebih dari satu pengguna contohnya akibat *maximum usable frequency*. Interferensi sering terjadi pada malam hari. Hal ini disebabkan rendahnya absorpsi dari ionosfer yang membuat pengirim dari luar daerah dan luar negeri menjadi mudah terdengar.

Jumlah interferensi HF tergantung pada kondisi ionosfer, dan kegiatan surya. Jika Q_k menunjukkan probabilitas daya interferensi (dalam dBm) di saluran yang terletak di k th alokasi IT dengan frekuensi tengah f_k (dalam MHz) melebihi ambang batas daya yang telah ditetapkan *threshold* x . Menurut model empiris Laycock-Gott, Q_k diperoleh dari [3]:

$$Q_k = \frac{1}{1 + \exp \left(- \left(\frac{\beta x + \alpha_k + (b_0 + b_1 f_k) \log_{10}}{(BW) + b_2 [\log_{10}(BW)]^2} \right) \right)} \quad (1)$$

dimana BW (dalam kHz) adalah bandwidth saluran. Dalam persamaan 1, β , α_k , b_0 , b_1 , b_2 merupakan parameter yang sesuai atau fungsi dari frekuensi tengah, jumlah sunspot (indikasi aktivitas matahari), dan sebagainya. Waktu transisi antara dua interferensi dapat dimodelkan oleh distribusi eksponensial yang rata-ratanya berada pada urutan beberapa menit. Pada frekuensi, pemisahan dari 1 kHz dan yang lebih menghasilkan daya interferensi yang mendekati independen. Di samping itu, dalam dimensi ruang, daya interferensi sangat berkorelasi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara kekuatan interferensi yang diukur secara simultan di dua lokasi yang terpisah oleh sekitar 100 km.

III. PERENCANAAN PENGUKURAN

A. Frekuensi Kerja

Berdasarkan Keputusan Ketua Umum Organisasi Amatir Radio Indonesia Nomor: KEP-065/OP/KU/2009 tentang Pembagian dan Penggunaan Segmen Band Frekuensi Amatir Radio (BAND PLAN) [3], frekuensi tengah yang digunakan untuk komunikasi data pada simulasi sistem komunikasi HF adalah 7 MHz, 14 MHz, dan 21 MHz.

Pemilihan frekuensi kerja pada simulasi komunikasi radio HF ini adalah frekuensi untuk radio amatir dan bersifat non-komersial yang dapat digunakan oleh umum. Selain itu, frekuensi kerja tersebut sering digunakan pada suatu eksperimen ilmiah dengan tujuan tertentu.

B. Skenario Pengambilan Data dan Lokasi Pengukuran

Untuk melakukan pengukuran interferensi, langkah yang dilakukan adalah pengimplementasian simulasi sistem komunikasi HF secara langsung pada lintasan Surabaya-Ternate dengan jarak lintasan sepanjang 1845 km. Prosedur sistem pengukuran dilakukan dengan beberapa persiapan, diantaranya sebagai berikut:

1. Membuat susunan jadwal pengukuran selama rentang waktu yang telah ditentukan
2. Persiapan dan konfigurasi perangkat pada sistem pemancar di Laboratorium Antena Propagasi ITS Surabaya
3. Persiapan dan konfigurasi perangkat pada sistem penerima di Gedung Elektro UNKHAIR, Ternate
4. Sinkronisasi waktu antara Surabaya dan Ternate dengan menggunakan GPS sehingga waktu transmit dan waktu receive sama dan data IQ yang diterima dapat terekam utuh
5. Persiapan penyimpanan folder khusus untuk data hasil pengukuran

6. Masing-masing USRP terkoneksi dengan PC melalui *Gigabit Ethernet Interface* dan operator sistem pemancar dan penerima 1 pada posisi siap
7. Sinyal interferensi direkam pada penerima sebelum sistem pemancar mengirim sinyal.
8. Lama interferensi yang direkam pada penerima adalah selama 5 detik

Pada pengukuran ini, simulasi sistem komunikasi HF dilakukan dengan meletakkan sistem pemancar di Gedung B Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya dan sistem penerima di Gedung Teknik Elektro, UNKHAIR, Ternate.

IV. PENGUKURAN SISTEM DAN ANALISA

A. Pelaksanaan Pengukuran

Pada pengukuran, tahap awal yang dilakukan adalah pengimplimentasian simulasi sistem komunikasi HF. Penempatan lokasi pemasangan antenna pemancar berada pada lantai 4 Gedung B yang melintang hingga ke gedung AJ Teknik Elektro, ITS, Surabaya. Sedangkan antenna penerima berada pada Gedung Teknik Elektro, Universitas Khairun, Ternate.

Waktu pengukuran dilakukan selama tiga hari yaitu pada tanggal 13 -15 Mei 2015. Pengukuran dilakukan pada pukul 03.00 WIB, 04.00 WIB, 10.00 WIB, 11.00 WIB, 17.30 WIB, dan 18.30 WIB. Untuk waktu penerimaan data interferensi pada penerima, lama waktunya adalah 5 detik.

Pengukuran interferensi dilakukan di tiga frekuensi kerja yang digunakan untuk simulasi komunikasi HF. Tiga frekuensi itu adalah 7, 14, dan 21 MHz. Hasil sinyal interferensi yang diterima adalah sinyal I dan Q dalam format *.tdms*.

Maximum Usable Frequency, Frequency of Optimum Traffic, dan Highest Possible Frequency

Tabel 1 menunjukkan prediksi Maximum Usable Frequency, Frequency of Optimum Traffic, dan Highest Possible Frequency pada tanggal 13 – 15 Mei 2015 untuk masing-masing jam berdasarkan VOACAP.

B. Hasil Pengukuran dan Karakterisasi

Pengukuran interferensi dilakukan dengan mengambil data dari sinyal yang diterima antenna penerima. Kemudian sinyal interferensi tersebut dikuatkan dengan LNA agar level sinyal tidak terlalu kecil. Selanjutnya, sinyal yang telah dikuatkan masuk ke dalam USRP yang dikontrol dengan sebuah laptop untuk menjalankan proses demodulasi serta menampilkan hasil sinyal demodulasi berupa I dan Q.

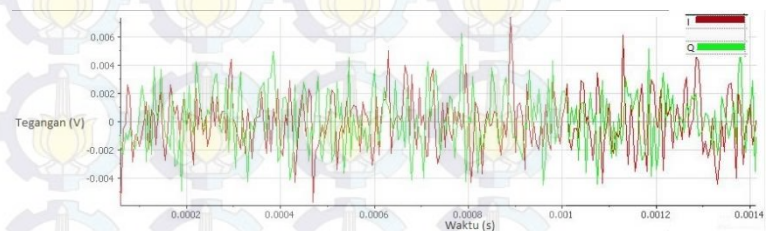
Gambar 2 menunjukkan contoh bentuk sinyal interferensi yang diterima saat pengukuran dengan mencuplik sebagian bentuk sinyal I dan Q yang diterima yaitu dari 0 detik hingga 0.0014 detik dari total 5 detik yang diterima oleh antenna penerima.

Sinyal interferensi berupa sinyal I dan Q yang diterima antenna penerima kemudian diolah menggunakan MATLAB untuk mendapatkan karakterisasinya. Langkah awal yang dilakukan adalah menggabungkan seluruh sample sinyal interferensi menjadi 9 kelompok besar. Kelompok besar tersebut terdiri dari:

Tabel 1

Maximum Usable Frequency, Frequency of Optimum Traffic, dan Highest Possible Frequency [5]

Waktu	MUF (MHz)	FOT (MHz)	HPF (MHz)
01.00	13.1	10.5	15.6
02.00	12.2	9.8	14.5
03.00	11.6	9.2	13.8
04.00	12.1	9.6	14.4
05.00	15.1	12.7	17.5
06.00	21.4	18.0	24.8
07.00	29.4	24.7	34.1
08.00	25.2	22.4	28.2
09.00	26.3	23.4	29.4
10.00	36.5	31.7	40.5
11.00	35.0	30.4	38.8
12.00	34.0	29.5	37.7
13.00	33.0	27.8	36.0
14.00	31.4	26.4	34.2
15.00	28.5	23.9	31.1
16.00	24.5	20.6	26.7
17.00	20.4	17.6	24.5
18.00	17.4	14.9	20.8
19.00	15.4	13.3	18.5
20.00	14.1	12.1	16.9
21.00	13.0	10.8	15.5
22.00	12.8	10.6	15.2
23.00	13.1	10.9	15.6
24.00	13.5	11.2	16.0



Gambar 2. Contoh hasil rekam interferensi.

1. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 03.00 & 04.00 menggunakan frekuensi 7 MHz.
2. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 03.00 & 04.00 menggunakan frekuensi 14 MHz.
3. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 03.00 & 04.00 menggunakan frekuensi 21 MHz.
4. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 10.00 & 11.00 menggunakan frekuensi 7 MHz.
5. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 10.00 & 11.00 menggunakan frekuensi 14 MHz.

6. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 10.00 & 11.00 menggunakan frekuensi 21 MHz.
7. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 17.30 & 18.30 menggunakan frekuensi 7 MHz.
8. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 17.30 & 18.30 menggunakan frekuensi 14 MHz.
9. Kombinasi waktu dan frekuensi pukul 17.30 & 18.30 menggunakan frekuensi 21 MHz.

Kemudian, masing-masing kelompok dicari dayanya menggunakan persamaan:

$$W = |I + jQ|^2 \quad (2)$$

Dimana W merupakan daya interferensi yang diterima dalam watt.

Hasil Mean dan Standard Deviation

Tahap selanjutnya untuk pengarakterisasian interferensi adalah mencari *mean* dan *standard deviation* untuk tiap kelompok. *Mean* adalah daya rata-rata dari sinyal interferensi yang diterima. *Standard deviation* adalah sebaran data sample sinyal interferensi yang diterima. *Mean* untuk tiap kelompok ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 2
Hasil perhitungan *Mean* untuk tiap kelompok

Mean	Jam	Frekuensi		
		7 MHz	14 MHz	21 MHz
	Jam 3-4	-54,41 dB	-57,26 dB	-65,45 dB
	Jam 10-11	-50,33 dB	-56,82 dB	-46,59 dB
	Jam 17-18	-41,65 dB	-48,69 dB	-54,21 dB

Dari tabel 2 dapat disimpulkan bahwa daya rata-rata interferensi tertinggi terjadi pada pukul 17.00 & 18.00 untuk frekuensi 7 MHz. Selain itu, daya rata-rata interferensi terendah terjadi pada pukul 03.00 & 04.00 untuk frekuensi 21 MHz.

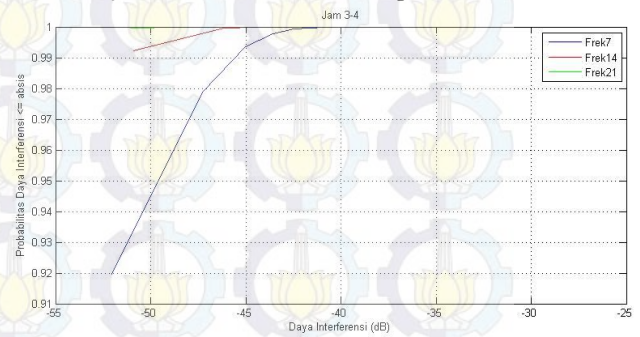
Tabel 3
Hasil perhitungan *standard deviation* untuk tiap kelompok

Standard Deviation	Jam	Frekuensi		
		7 MHz	14 MHz	21 MHz
	Jam 3-4	-51,59	-54,75	-59,59
	Jam 10-11	-46,14	-53,74	-41,54
	Jam 17-18	-39,67	-47,52	-50,87

Dari tabel 3 dapat disimpulkan bahwa pada pukul 17.30 & 18.30 untuk frekuensi 7 MHz, sebaran data sample daya interferensi yang diterima merupakan yang terbesar bila dibandingkan dengan yang lain. Selain itu, *standard deviation* terkecil terjadi pada pukul 03.00 & 04.00 untuk frekuensi 21 MHz.

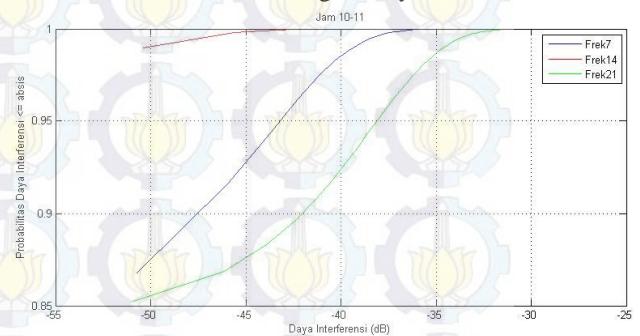
Hasil Cumulative Distribution Function

Tahap selanjutnya adalah mencari *cumulative distribution function* (CDF) terhadap variasi frekuensi.



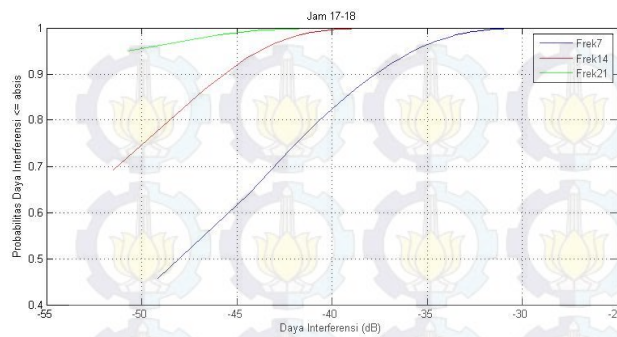
Gambar 3. CDF pada Pukul 03.00 dan 04.00

Dari hasil grafik pada gambar 3 dapat disimpulkan bahwa daya interferensi terbesar yang diterima pada pukul 03.00 & 04.00 terjadi pada frekuensi 7 MHz. Hal ini diakibatkan oleh *maximum usable frequency*. Berdasarkan gambar 1, *maximum usable frequency* pada pukul 03.00 & 04.00 adalah 12-13 MHz sehingga penggunaan frekuensi 14 MHz dan 21 MHz untuk komunikasi HF menjadi jarang. Dengan begitu, interferensi pada frekuensi 7 MHz pada pukul 03.00 & 04.00 lebih mudah terjadi karena pengguna frekuensi 7 MHz untuk komunikasi HF sangat banyak.



Gambar 4. CDF pada Pukul 10.00 dan 11.00

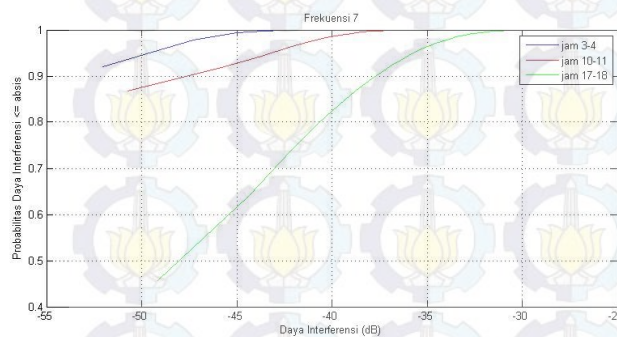
Dari hasil grafik pada gambar 4 dapat disimpulkan bahwa interferensi terbesar yang diterima pada pukul 10.00 & 11.00 terjadi pada frekuensi 21 MHz. Berdasarkan gambar 1, *maximum usable frequency* pada pukul 10.00 & 11.00 adalah 24-25 MHz sehingga penggunaan frekuensi 7 MHz, 14 MHz dan 21 MHz untuk komunikasi HF menjadi umum. Seharusnya, interferensi yang diterima antara frekuensi 7 MHz, 14 MHz, dan 21 MHz tidak berbeda jauh. Namun, berdasarkan hasil grafik dapat diambil hipotesa bahwa komunikasi HF pada pukul 10.00 & 11.00 banyak pengguna yang memilih frekuensi 21 MHz dan 7 MHz.



Gambar 5. CDF pada Pukul 17.30 dan 18.30

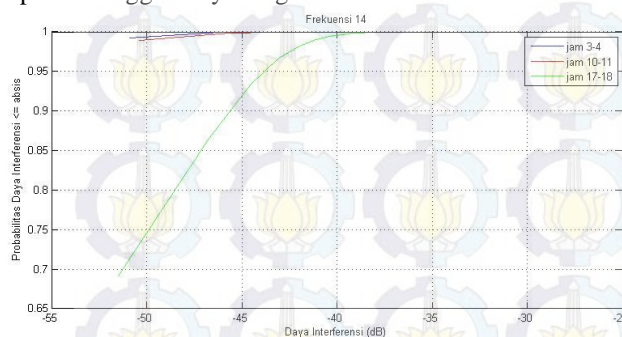
Dari hasil grafik pada gambar 5 dapat disimpulkan bahwa interferensi terbesar yang diterima pada pukul 17.30 & 18.30 terjadi pada frekuensi 7 MHz. Berdasarkan gambar 1, *maximum usable frequency* pada pukul 17.30 & 18.30 adalah 14-15 MHz sehingga penggunaan frekuensi 21 MHz untuk komunikasi HF menjadi jarang. Berdasarkan hasil grafik dapat diambil hipotesa bahwa komunikasi HF pada pukul 17.30 & 18.30 banyak terjadi pada frekuensi 7 MHz. Sedangkan untuk frekuensi 14 MHz, interferensi yang diterima lebih sedikit karena berada pada batas *maximum usable frequency* sehingga penggunaan frekuensi 14 MHz memiliki resiko beberapa sinyal tidak dipantulkan oleh ionosfer.

Tahap selanjutnya adalah mencari CDF terhadap variansi waktu.



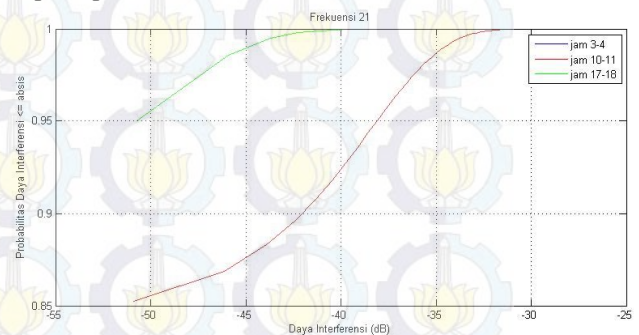
Gambar 6. CDF pada Frekuensi 7

Dari hasil grafik pada gambar 6 dapat disimpulkan bahwa daya interferensi terbesar yang diterima pada frekuensi 7 MHz terjadi pada pukul 17.30 & 18.30. Penggunaan frekuensi 7 MHz lebih mudah mendapatkan interferensi. Hal ini terjadi karena frekuensi 7 MHz dapat dipantulkan oleh ionosfer kapanpun sehingga banyak digunakan untuk komunikasi HF.



Gambar 7. CDF pada Frekuensi 14

Dari hasil grafik pada gambar 7 dapat disimpulkan bahwa interferensi terbesar yang diterima pada frekuensi 14 MHz terjadi pada pukul 17.30 & 18.30. Frekuensi 14 MHz dapat dipantulkan oleh ionosfer pada pukul 10.00 & 11.00 dan 17.30 & 18.30. Namun, berdasarkan hasil grafik dapat diambil hipotesa bahwa penggunaan frekuensi 14 MHz lebih banyak terjadi pada pukul 17.30 & 18.30.



Gambar 8. CDF pada Frekuensi 21

Dari hasil grafik pada gambar 8 dapat disimpulkan bahwa interferensi terbesar yang diterima pada frekuensi 21 MHz terjadi pada pukul 10.00 & 11.00. Berdasarkan gambar 2.7, frekuensi 21 MHz dapat dipantulkan oleh ionosfer pada pukul 10.00 & 11.00 sehingga penggunaan frekuensi 21 MHz banyak terjadi. Karena itu, interferensi pada frekuensi 21 MHz pada pukul 10.00 & 11.00 lebih banyak terjadi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari setelah dilakukan pengukuran dan karakterisasi interferensi radio pada pita HF adalah interferensi lebih sering terjadi di malam hari yaitu pada pukul 17.30 dan 18.30. Selain itu, interferensi lebih sering terjadi pada frekuensi rendah yaitu 7 MHz.

Pada pukul 03.00 & 04.00, komunikasi HF untuk antar pulau di Indonesia daerah timur dapat menggunakan frekuensi 14 MHz dan 21 MHz untuk jarak dekat (jarak efektif propagasi *line of sight* dan *ground wave*) karena penggunaan frekuensi tersebut jarang sehingga interferensi dapat dikurangi. Sedangkan untuk jarak jauh seperti Surabaya - Ternate, komunikasi HF dapat menggunakan frekuensi 7 MHz karena berada di bawah *maximum usable frequency*. Selain itu, pada pukul 03.00 & 04.00, interferensi yang didapat merupakan yang terstabil sehingga mempermudah pengurangan pengaruh interferensi terhadap sinyal yang diinginkan. Namun, penggunaan frekuensi 7 MHz memiliki resiko mendapatkan interferensi yang tinggi.

Pada pukul 10.00 & 11.00, komunikasi HF dapat menggunakan frekuensi 7 MHz, 14 MHz, dan 21 MHz baik untuk komunikasi jarak dekat maupun jarak jauh. Untuk frekuensi 14 MHz, interferensi yang diterima merupakan yang terstabil sehingga dapat dimanfaatkan untuk mempermudah pengurangan pengaruh interferensi terhadap sinyal yang diinginkan.

Pada pukul 17.30 & 18.30, komunikasi HF untuk antar pulau di Indonesia daerah timur dapat menggunakan frekuensi 21 MHz untuk jarak dekat (jarak efektif propagasi *line of sight* dan *ground wave*) karena penggunaan frekuensi tersebut jarang sehingga interferensi dapat dikurangi. Untuk frekuensi 21 MHz,

interferensi yang diterima merupakan yang terstabil sehingga dapat dimanfaatkan untuk mempermudah pengurangan pengaruh interferensi terhadap sinyal yang diinginkan. Sedangkan untuk jarak jauh seperti Surabaya - Ternate, komunikasi HF dapat menggunakan frekuensi 7 MHz dan 14 MHz karena berada di bawah *maximum usable frequency*. Namun, penggunaan frekuensi 7 MHz memiliki resiko mendapatkan interferensi yang tinggi. Penggunaan frekuensi 14 MHz memiliki resiko sebagian sinyal tidak dipantulkan oleh ionosfer karena nilai *maximum usable frequency* pada jam tersebut semakin malam akan semakin turun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim HF dan seluruh rekan Laboratorium Antena dan Propagasi B-306, ITS, Surabaya atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan dalam mengerjakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rappaport, Theodore S. "Wireless Communication Principles and Practice". Prential Hall, USA. 2002.
- [2] Adhitya, Aryo Darma. "SUB SISTEM PENERIMA PADA SISTEM PENGUKURAN KANAL HF PADA LINTASAN MERAUKE-SURABAYA". Elektro ITS, Surabaya, 2014.
- [3] Orari. Pembagian dan Penggunaan Segmen Band Frekuensi Amatir Radio (BANDPLAN). Kep-065/Op/Ku/2009.
- [4] Uysal, M. dan Heidarpur, MR. (2012), "Cooperative Communication Techniques for Future-Generation HF Radio". IEEE Communication Magazine.
- [5] MUF, FOT, HPF values. Diakses pada tanggal 13 Januari 2016. VOACAP. <http://www.voacap.com/mufdays.html>.